



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 197 04 968 A 1**

(51) Int. Cl. 6.  
**F 17 C 1/02**  
B 60 K 15/03

**DE 197 04 968 A 1**

(21) Aktenzeichen: 197 04 968.0  
(22) Anmeldetag: 28. 1. 97  
(43) Offenlegungstag: 30. 7. 98

(71) Anmelder:  
Mannesmann AG, 40213 Düsseldorf, DE  
(74) Vertreter:  
P. Meissner und Kollegen, 14199 Berlin

(72) Erfinder:  
Herdeg, Wolfgang, Dr., 85635  
Hohenkirchen-Siegertsbrunn, DE  
(55) Entgegenhaltungen:  
DE 43 24 726 A1  
DE 42 22 450 A1  
KUNZE, H.D., Baumeister, BANHART, J.,  
Pulvermetallurgie in Wissenschaft und Praxis  
Band 9, VDJ Verlag, 1993, Möglichkeiten zur  
Herstellung von Bauteilen aus geschäumten  
Metallen, S. 330-348;

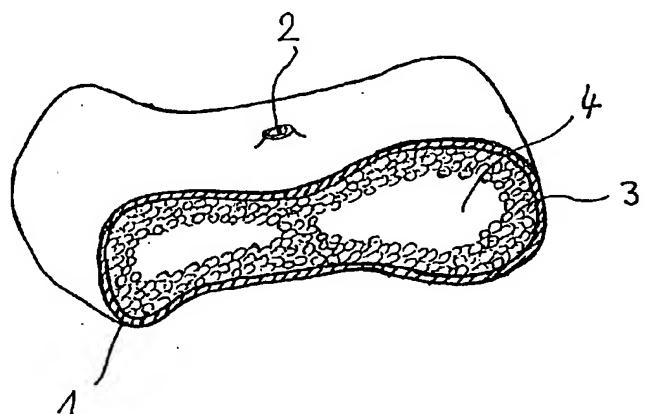
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Behälter zur Speicherung von Druckgas

(57) Die Erfindung betrifft einen Behälter zur Speicherung von Druckgas, mit einer gasdichten metallischen Außenwand (1), die den zur Speicherung des Druckgases vorgesehenen Hohlraum umschließt und mindestens einen Anschluß (2) für eine Gasleitung zum Be- und/oder Entladen des Behälters aufweist.

Es wird vorgeschlagen, daß sich im Hohlraum ein offenerporiger Metallschaum (3) befindet, der mit der Außenwand (1) stofflich verbunden ist.



**DE 197 04 968 A 1**

**BEST AVAILABLE COPY**

BUNDESDRUCKEREI 06.98 802 031/445/1

23

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Behälter zur Speicherung von Druckgas, der eine gasdichte metallische Außenwand besitzt, die den Hohlraum zur Aufnahme des Druckgases umschließt und mindestens einen Anschluß für eine Gasleitung zum Be- und/oder Entladen des Behälters aufweist.

Explosive Gase werden in speziellen Behältern transportiert, die zum einen eine Verflüchtigung des gespeicherten Gases verhindern, also dicht sein müssen, die aber zum anderen auch einen ausreichenden Schutz vor Beschädigungen bieten müssen, damit das Gas möglichst nicht schlagartig freigesetzt werden kann, wenn der Druckbehälter beispielsweise in ein Unfallgeschehen einbezogen wird. Üblicherweise bestehen Behälter für Druckgase aus Stahl. Aus Festigkeitsgründen werden dabei entweder Kugelformen oder Zylinderformen (mit kugelig ausgebildeten Stirnflächen) bevorzugt. Im Regelfall weisen solche Behälter entweder jeweils einen Anschluß zum Beladen und zum Entladen des Druckgases oder aber einen gemeinsamen Anschluß für das Be- und Entladen des Druckgases auf. Im Falle nur eines einzigen Anschlusses spricht man auch von Druckgasflaschen.

Um das Gewicht des Behälters möglichst gering zu halten, wird angestrebt, die Wanddicke des Behälters so dünn wie möglich zu machen. Im Hinblick auf die Dichtigkeit eines solchen Behälters stellt dies kein Problem dar. Allerdings stößt man sehr schnell an die Grenzen des Zulässigen im Hinblick auf die erforderliche Festigkeit der Behälterwand. In diesem Zusammenhang ist es bekannt, extrem dünnwandige Druckgasbehälter mit einer äußeren Armierung durch Ummwickeln mit hochfestem Fasermaterial oder Kunstfasergewebe zu versehen. Bei einer zylindrischen oder kugelförmigen Behälterform ist eine solche Wickelprozedur relativ einfach durchzuführen. Das Verfahren stößt jedoch auf erhebliche anwendungstechnische Probleme, sobald Behälterformen gewählt werden, die von dieser idealen Kugel- oder Zylinderform abweichen.

In der Fahrzeugtechnik sind seit vielen Jahren Bestrebungen im Gange, anstelle der heute im Regelfall eingesetzten flüssigen Kraftstoffe wie Benzin und Diesekraftstoff gasförmige Treibstoffe zu verwenden. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise zu verweisen auf Kraftfahrzeuge, die mit Wasserstoff oder aber auch mit Erdgas betrieben werden und aufgrund dieser speziellen Treibstoffe ein vergleichsweise schadstoffarmes Abgas aufweisen. Dies ist insbesondere in städtischen Ballungszonen im Innenstadtbereich ein wichtiger Umstand. Daher werden insbesondere kommunale Nutzkraftwagen sowie Omnibusse für den innerstädtischen Verkehr mit entsprechenden Verbrennungsmotoren ausgerüstet.

Um die Reichweite von gasbetriebenen Kraftfahrzeugen in einer ausreichenden Größenordnung zu gewährleisten, muß das vom jeweiligen Kraftfahrzeug mitgeführte Gas auf einen relativ hohen Druck verdichtet werden, um in einem zumutbaren Volumen untergebracht werden zu können. Der erforderliche Druck beträgt beispielsweise 150 oder 250 bar oder sogar noch darüber. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu den Gaspeichern, die lediglich für die Mitnahme von Flüssiggas geeignet sein sollen. Bei erdgasbetriebenen Omnibussen verwendet man üblicherweise eine Batterie zylindrisch geformter Druckgasbehälter, also Druckgasflaschen. Diese können beispielsweise auf dem Dach eines solchen Fahrzeugs mitgeführt werden. Für Personenkraftwagen wäre eine solche Ausbildung eines Druckgasspeichers kaum praktikabel, da sie mit großer Sicherheit aus rein optischen Gründen von den Käufern derartiger Fahrzeuge abgelehnt werden würde. Wünschenswert wäre es, wenn ein Be-

hälter zur Speicherung von Druckgas zur Verfügung stehen würde, der im Hinblick auf seine äußere Formgebung nicht den bisher üblichen Beschränkungen unterliegen würde, sondern eine komplexe Formstruktur aufweisen könnte, wie sie etwa bei heute üblichen Kraftstofftanks in der Fahrzeugtechnik vorliegen.

Aus der Veröffentlichung "Metallschaum – ein Werkstoff mit Perspektiven" in Aluminium 70 (1994) Nr. 3/4 sowie aus der Veröffentlichung "Möglichkeiten zur Herstellung von Bauteilen aus geschäumten Metallen" in "Innovative und wirtschaftliche Bauteile durch Pulvermetallurgie" (Vorträge anlässlich des Symposiums am 25./26. November 1993 in Hagen; VDI Verlag) ist es bekannt, metallische Bauteile herzustellen, bei denen anstelle massiver metallischer Werkstoffe geschäumte Metallwerkstoffe vorliegen. Es sind Techniken bekannt, mit denen gezielt geschlossenporige oder offenporige Metallschäume erzeugt werden können. Die Herstellung von Metallschaum kann im Prinzip in der Weise vorgenommen werden, daß ein Metallpulver mit einem Treibmittel (z. B. Titanhydrid) vermischt wird und etwa durch Extrudieren oder axiales Heißpressen zu einem Halbzeug umgeformt wird, das später in einem thermischen Verfahren zum gewünschten Bauteil weiterverarbeitet wird. Hierzu wird die vorbereitete Werkstoffmischung bis über die Solidustemperatur des Metalls erhitzt, wobei gleichzeitig auch das Treibmittel freigesetzt wird und die Aufschäumung bewirkt. Wenn dieser Prozeß in einer geeigneten z. B. aus Keramik oder Stahl gefertigten geschlossenen Form stattfindet, können ähnlich wie durch Metallgießen beliebig geformte Werkstücke hergestellt werden. In diesem Zusammenhang ist es bekannt, aus Aluminium geschäumte Konstruktionsbauteile für Fahrzeuge herzustellen. Auch das Ausschäumen von Aluminiumrohren mit Aluminschäumen zur Herstellung hochfester Leichtbaukonstruktionselemente für den Flugzeugbau ist bekannt. Nicht in Erwähnung gezogen wurde bisher eine Verwendung von Metallschäumen in Zusammenhang mit der Speicherung von Druckgasen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen gattungsgemäß Behälter vorzuschlagen, der im Hinblick auf seine Formgebung einen wesentlich größeren Gestaltungsspielraum bietet und gleichzeitig das Sicherheitsrisiko von Explosionen infolge unfallverursachter Beschädigungen der Behälterwand möglichst vermindert.

Gelöst wird diese Aufgabe bei einem Behälter der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind unter Ansprüchen 2 bis 12 angegeben.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Fig. 1 und 2 näher erläutert, die jeweils in Form eines Schnittbildes schematisch zwei Varianten für einen erfindungsgemäßen Behälter zur Speicherung von Druckgas zeigen.

Ein erfindungsgemäßer Druckgasbehälter weist eine gasdichte metallische Außenwand 1 auf, die im Falle der Fig. 1 und 2 jeweils mit einem Anschluß 2 für eine Gasleitung zum Be- und Entladen des Behälters versehen ist und den Hohlraum zur Aufnahme des Druckgases gasdicht einschließt. Wesentliches Kennzeichen der vorliegenden Erfindung ist es, daß sich im Hohlraum des Behälters ein offenporiger Metallschaum 3 befindet. Im Falle der Fig. 1 füllt der Metallschaum 3 den Hohlraum zumindest zu einem überwiegenden Teil von dessen Volumen aus. Das bedeutet, daß es in einem solchen Fall Teilebereiche 4 des Volumens gibt, die frei von Metallschaum sind. Für die Funktionsfähigkeit des erfindungsgemäßen Behälters ist es empfehlenswert und im Regelfall auch anzustreben, daß möglichst die gesamte Oberfläche des Hohlraums mit dem Metallschaum 3 bedeckt

ist. Weiteres wesentliches Kennzeichen der Erfindung hierbei ist es, daß eine stoffliche Verbindung zwischen der Außenwand 1 und dem offenporigen Metallschaum 3 besteht. Das bedeutet, daß hier nicht etwa nur ein rein mechanischer Verbund zweier Schichten vorliegt, wie man ihn etwa bei einem Doppelmantelrohr vorfinden kann, bei dem ein Außenrohr lediglich auf ein Innenrohr aufgeschrumpft wurde, so daß ein rein kraftschlüssiger Verbund besteht. Im Sinne der Erfindung handelt es sich stets um einen Stoffverbund.

Vorzugsweise ist der gesamte Hohlraum des Behälters mit Metallschaum 3 ausgefüllt, wie dies in der Variante der Fig. 2 dargestellt ist. Zweckmäßigerweise bestehen die metallische Außenwand 1 und der Metallschaum 3 aus einem artgleichen oder zumindest artverwandten Werkstoff. Dies gewährleistet einen guten Stoffverbund. Grundsätzlich möglich ist es jedoch auch, unterschiedliche Werkstoffe bei einem erfindungsgemäßen Behälter miteinander zu verbinden. In diesem Zusammenhang kann auch vorgesehen sein, den Stoffverbund als Lötverbindung durch Einschaltung einer dritten Werkstoffsschicht vorzusehen, die zwischen der metallischen Außenwand 1 und dem Metallschaum 3 angeordnet wird. Insbesondere aus Festigkeitsgründen ist es vorteilhaft, als Werkstoff für die Außenwand 1 einen Stahlwerkstoff, vorzugsweise einen Tiefziehstahl zu verwenden. Dies ist deswegen erstrebenswert, weil damit nicht nur eine hohe Grundfestigkeit der Außenwand 1 gewährleistet werden kann, sondern weil aus einem solchen Werkstoff ohne größere Probleme Hohlkörper mit einer komplexen Formstruktur, die wie etwa bei Kraftstofftanks für ein Kraftfahrzeug grundlegend von einer Kugel- oder Zylinderform abweicht, hergestellt werden können. Ein solcher beispielsweise durch Tiefziehen eines Bleches hergestellter Hohlkörper könnte unmittelbar als Form verwendet und mit Metallschaum ausgeschäumt werden und würde dann im Sinne einer Sandwichbauweise die äußere Blechhaut des Behälters bilden, wobei die Blechhaut mit dem innenliegenden Metallschaumkern verschweißt wäre. Auf diese Weise sind Behälterformen herstellbar, die hinsichtlich ihres Einbaus z. B. in ein Kraftfahrzeug die gleichen Freiheiten gewähren, wie sie etwa ein herkömmlicher Kraftstofftank für ein Fahrzeug bietet. Der Freiheitsgrad wäre sogar noch deutlich größer, da Beschränkungen hinsichtlich des notwendigen Gefälles für das Einfüllen von flüssigen Kraftstoffen hierbei nicht gegeben sind.

Anstatt bei der Zusammensetzung eines erfindungsgemäßen Behälters die Verwendung einer zum Bestandteil des Behälters werdenden Blechform vorzusehen, kann der gesamte Behälter auch aus einem Metallschaum 3 gebildet werden, der als Integralschaum erzeugt wird. Dabei weist der Integralschaum in Richtung auf die Außenwand 1 eine zunehmende Dichte auf. Im Nahbereich der Außenoberfläche liegt dabei eine 100%ige Materialdichte vor, so daß eine gasdichte Außenhaut gewährleistet ist. Für die äußere Oberfläche der Außenwand 1 empfiehlt sich eine Korrosionsschutzbeschichtung, vorzugsweise eine Kunststoffbeschichtung.

Der erfindungsgemäße Behälter sollte im Hinblick auf die Dicke der Außenwand 1 und die Struktur des Metallschaums 3 auf Belastungen ausgelegt sein, wie sie durch gespeicherte Gase ausgeübt werden, die auf einen Druck von über 100 bar, insbesondere über 150 bar und vorzugsweise sogar über 250 bar entstehen.

Durch die Offenporigkeit des Metallschaums 3, der zumindest zu einem überwiegenden Teil den von der Außenwand 1 eingeschlossenen Hohlraum ausfüllt, wird erreicht, daß der Hohlraum durch die Öffnung des Anschlusses 2 mit Druckgas gefüllt und das Druckgas später durch diesen Anschluß 2 wieder entnommen werden kann. Im Falle einer

Ausschäumung mit einem geschlossenporigen Schaum wäre das Porenvolumen nicht zur Gasaufnahme zugänglich. Würde man einen Druckbehälter, wie er schematisch in den Fig. 1 und 2 in der äußeren Form dargestellt ist, ohne die erfundungsgemäße Ausschäumung herstellen, und mit Druckgas füllen, würde sich der Behälter insbesondere an den Flachseiten sehr schnell ausbeulen, also seine Form in unzulässiger Weise verändern. Durch den offenporigen Metallschaum 3, der stofflich mit der Außenwand 1 verbunden ist, wird dagegen eine hochwirksame innere Stützkonstruktion gewährleistet, die einem Ausbeulen entgegenwirkt. Diese ist selbstverständlich am stärksten ausgeprägt, wenn der gesamte Hohlraum mit Metallschaum 3 ausgefüllt ist, wie dies in Fig. 2 der Fall ist. Dort besteht "flächendeckend" eine stoffliche Verbindung zwischen den sich gegenüberliegenden Flächen der Außenwand 1. Diese Stoffverbindung des Metallschaums 3 vermag erhebliche Zugkräfte aufzunehmen und verhindert das Ausbeulen. Eine erhebliche Stützwirkung besteht aber bereits, wenn die Innenoberfläche mit einer ausreichend dicken Schicht des Metallschaums 3 überzogen ist, insbesondere wenn zumindest in Teilbereichen, wie dies in Fig. 1 im Mittelbereich der Fall ist, eine Brückenverbindung zwischen den sich gegenüberliegenden Flachseiten besteht.

Ein großer Vorteil der Metallschaumfüllung des Hohlraums eines erfindungsgemäßen Behälters besteht darin, daß hierdurch nicht nur eine großflächige Aufnahme von Zugkräften, die dem Ausbeulen entgegenwirken, ermöglicht wird, sondern daß gleichzeitig das für die Gaspeicherung zur Verfügung stellende Volumen vergleichsweise wenig geschmälert und das Gesamtgewicht des Behälters vergleichsweise wenig erhöht wird. Besonders wichtig ist es dabei, daß die Formgestaltung erfindungsgemäßer Druckbehälter nahezu keinerlei Einschränkungen unterliegt. Beispielsweise können Formen realisiert werden, wie sie bei üblichen Kraftstofftanks für Fahrzeuge heute bereits verwendet werden. Es könnte aber auch z. B. daran gedacht werden, Druckbehälter der Bodenform oder auch der Dachform eines Kraftfahrzugs anzupassen und somit optisch vollständig zu verbergen, ohne etwa den verfügbaren Raum zur Aufnahme von Personen oder Gepäck zu schmälern.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Ausschäumung des Hohlraums des Behälters, insbesondere eine vollständige Ausschäumung einen deutlichen Gewinn an Betriebssicherheit bietet, wenn die Behälterwand z. B. durch Unfallsinwirkung beschädigt werden sollte. Während bei einem normalen Druckgasbehälter bei einem Aufreißen der Behälterwand praktisch der gesamte Inhalt der Gasfüllung in kürzester Zeit nach außen strömt, wird durch die Porenstruktur des Metallschaums ein erheblicher Strömungswiderstand gewährleistet, der ein schlagartiges Aussströmen verhindert. Dadurch wird das Explosionsrisiko deutlich vermindert. Im übrigen wird durch die stützende Wirkung des mit der Außenwand verbundenen Metallschaums eine Rißausbreitung in der Außenwand behindert.

#### Patentansprüche

1. Behälter zur Speicherung von Druckgas, mit einer gasdichten metallischen Außenwand (1), die den zur Speicherung des Druckgases vorgesehenen Hohlraum umschließt und mindestens einen Anschluß (2) für eine Gasleitung zum Be- und/oder Entladen des Behälters aufweist dadurch gekennzeichnet, daß sich im Hohlraum ein offenporiger Metallschaum (3) befindet, der mit der Außenwand (1) stofflich verbunden ist.
2. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum (3) zumindest den überwiegen-

den Teil des Hohlraumvolumens ausfüllt.

3. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte innere Oberfläche des Hohlraums mit dem Metallschaum (3) bedeckt ist.

4. Behälter nach Anspruch 2; dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum (3) das Hohlraumvolumen vollständig ausfüllt.

5. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Außenwand (1) und der Metallschaum (3) aus einem artgleichen oder 10 artverwandten Werkstoff besteht.

6. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenwand (1) aus einem Stahlwerkstoff, insbesondere einem Tiefziehstahl besteht. 15

7. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenform des Behälters abweichend von der Kugel- oder Zylinderform eine komplexe Struktur im Sinne eines Kraftstofftanks für ein Kraftfahrzeug aufweist.

8. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter an seiner Außenoberfläche mit einer Korrosionsschutzbeschichtung, insbesondere einer Kunststoffbeschichtung, versehen ist.

9. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch 25 gekennzeichnet, daß der Behälter in Sandwichbauweise aus einer äußeren Blechhaut und einem damit verschweißten inneren Metallschaumkern besteht.

10. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter in Sandwich- 30 bauweise aus einer äußeren Blechhaut und einem inneren Metallschaumkern besteht, der durch eine Lötverbindung mit der Blechhaut verbunden ist.

11. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum (3) als 35 Integralschaum mit in Richtung zur Außenwand (1) zunehmender Dichte ausgebildet ist.

12. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Außenwand (1) und die Struktur des Metallschaums (3) auf eine Belastung durch einen Druck des gespeicherten Gases von mindestens 150 bar, insbesondere mindestens 250 bar, ausgelegt ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

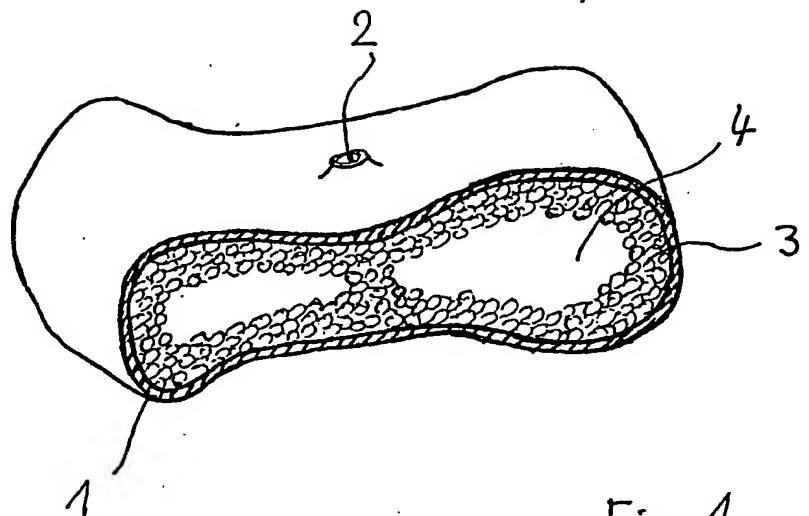


Fig. 1

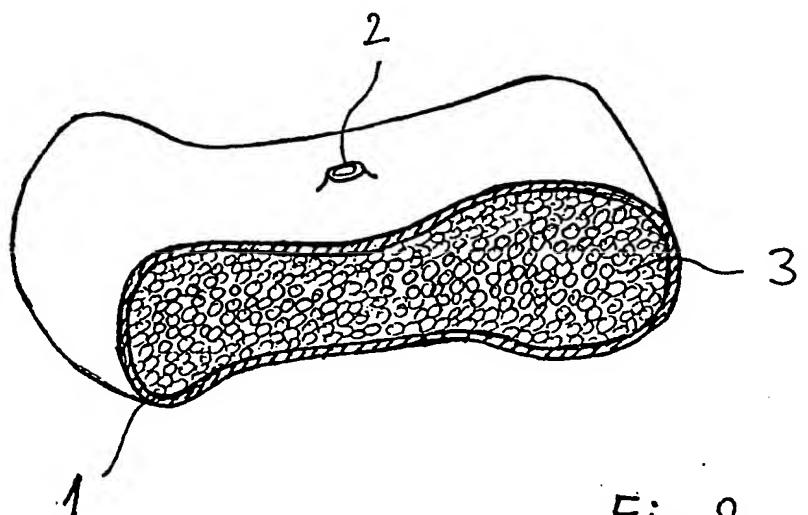


Fig. 2